

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1909

THÈSE

N°

90

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le Jeudi 16 Décembre 1909, à 1 heure

PAR

Paul CORSET

LICENCIÉ ÈS-SCIENCES

CONSIDÉRATIONS

SUR LA

Pollution des Rivières

PAR LES

Eaux résiduaires Industrielles

Président : M. A. CHANTEMESSE, professeur.

*Juges : { MM. CHAUFFARD, professeur.
F. BEZANCON, agrégé.
BALTHAZARD, agrégé.*

1. Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical

PARIS

H. CHACORNAC, EDITEUR

9, rue de l'Eperon, 9

1909

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1909

THÈSE

N°

90

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le Jeudi 16 Décembre 1909, à 1 heure

PAR

Paul CORSET

LICENCIÉ ÈS-SCIENCES

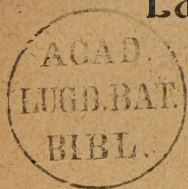
CONSIDÉRATIONS

SUR LA

Pollution des Rivières

PAR LES

Eaux résiduaires Industrielles



Président : M. A. CHANTEMESSE, professeur.

*Juges : { MM. CHAUFFARD, professeur.
F. BEZANÇON, agrégé.
BALTHAZARD, agrégé.*

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical

PARIS

H. CHACORNAC, EDITEUR

9, rue de l'Eperon, 9

1909

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M. LANDOUZY
Professeurs	MM.
Anatomie	NICOLAS
Physiologie	CH. RICHEL
Physique médicale	GARIEL
Chimie organique et chimie générale	GAUTIER
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	BLANCHARD
Pathologie et Thérapeutique générales	BOUCHARD
Pathologie médicale	BRISAUD
Pathologie chirurgicale	DEJERINE
Anatomie pathologique	LANNELONGUE
Histologie	PIERRE MARIE
Opérations et appareils	PRENANT
Pharmacologie et matière médicale	HARTMANN
Thérapeutique	POUCHET
Hygiène	GILBERT
Médecine légale	CHANTEMESSE
Histoire de la médecine et de la chirurgie	THOINOT
Pathologie expérimentale et comparée	CHAUFFARD
	ROGER
	HAYEM
Clinique médicale	DIEULAFOY
	DEBOVE
	LANDOUZY
Maladie des enfants	HUTINEL
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	GILBERT BALLEZ
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GAUCHER
Clinique des maladies du système nerveux	RAYMOND
	PIERRE DELBET
Clinique chirurgicale	QUENU
	RECLUS
	SEGOND
Clinique ophtalmologique	DE LAPERSONNE
Clinique des maladies des voies urinaires	ALBARRAN
	PINARD
Clinique d'accouchements	BAR
	RIBEMONT-DES-
	SAIGNES
Clinique gynécologique	POZZI
Clinique chirurgicale infantile	KIRMISSON
Clinique thérapeutique	A. ROBIN

Agrégés en exercice

MM.			
AUVRAY	CUNÉO	LAUNOIS	NOBÉCOURT
BALTHAZARD	DEMLIN	LECÈNE	OMBREDANNE
BRANCA	DESGREZ	LEGREY	POTOCKI
BESANÇON FERN.	DUVAL PIERRE	LENORMANT	PROUST
BRINDÉAU	GOSSET	LÉPER	RENON
BROCA ANDRÉ	GOUGET	MACAIGNE	RICHAUD
BRUMPT	JEANNIN	MAILLARD	RIEFFEL
CARNOT	JEANSELME	MARION	SICARD
CASTAIGNE	JOUSSET ANDRÉ	MORESFIN	ZIMMERN
CLAUDE	LABBÉ MARCEL	MULON	
COUVELAIRE	LANGLOIS	NICLOUX	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHANTEMESSE

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

CONSEILLER TECHNIQUE SANITAIRE DU MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

ET A

Tous ceux qui luttent pour la défense de l'Hygiène

AVANT-PROPOS

A la veille de terminer nos études médicales, nous tenons à adresser tous nos plus sincères remerciements à tous nos Maîtres qui nous ont dirigé dans nos études scientifiques.

A la Faculté des Sciences, les professeurs Y. DELAGE, BONNIER, DASTRE nous ont fait aimer les sciences naturelles. A la Faculté de Médecine, nous garderons le meilleur souvenir de M. le docteur BRAULT, des professeurs agrégés Pierre TEISSIER et BONNAIRE, du professeur POZZI et du regretté professeur BERGER.

Nous tenons tout particulièrement à adresser l'expression de toute notre gratitude à M. le professeur agrégé CHASSEVANT, qui a été l'instigateur de notre présent travail et nous a guidé de ses doctes et excellents conseils.

Enfin nous remercions bien vivement M. le professeur CHANTEMESSE d'avoir bien voulu nous faire le grand honneur d'accepter la présidence de notre thèse.

INTRODUCTION

Avec les progrès de la vie moderne apparaissent de nouveaux dangers. — Si l'hygiéniste et le législateur ne se montraient pas de plus en plus rigoureux, l'existence des Etres vivants sur la Terre ne tarderait pas à devenir très compromise.

En effet, dans l'antiquité la plus reculée, les hommes étaient semi nomades. Lorsqu'ils avaient épuisé une région et que les conditions de vie devenaient impossibles, ils allaient dans des contrées vierges, laissant à la nature le soin d'assainir leurs anciens campements.

Plus tard, les hommes se firent sédentaires et construisirent des villes. Il leur fallut alors

entreprendre des travaux afin d'évacuer les eaux souillées par les déjections et les usages domestiques. Nous en retrouvons des traces dans les travaux de l'ancienne Rome, par exemple.

Enfin, de nos jours, de formidables usines se sont élevées; des villes entières sont devenues de vastes centres industriels, la campagne est également envahie et le nombre et la variété des usines vont en augmentant sans cesse.

Presque toutes sont situées sur les bords des rivières, l'eau leur est indispensable.

Ces rivières leur apportent l'eau dont ils ont besoin, elles leur servent de voie de transport, mais aussi elles leur emportent les eaux qu'elles ont utilisées, les déchets qu'elles ont rejetés. C'est par cette dernière utilisation que l'industrie devient néfaste aux cours d'eau.

Les usines mettent en œuvre des matières premières de nature soit organique (amidonneries, féculeries, filatures, etc.), soit minérale (fonderies, forges, chaudronneries, etc.) Or, ces matières premières, quelle qu'elles soient, subissent de longues manipulations et produisent des résidus. Une partie de ces déchets est détruite sur place ou enlevée pour servir d'en-

grais, mais une autre partie, et non pas souvent la moindre, est entraînée avec les eaux de lavage et s'écoule au dehors.

Il appartient au médecin et à l'hygiéniste de connaître les dangers qui peuvent résulter du fait de ces résidus allant se mêler aux eaux des rivières qu'ils polluent fatalement, dangers pour tous les êtres vivants : hommes, animaux, végétaux.

Nous nous proposons d'étudier le mécanisme de cette pollution, quelques méthodes d'appréciation des eaux suspectes, des dangers pour les poissons en particulier et des préjudices portés à l'hygiène des collectivités.

CHAPITRE I^{er}

DES RÉSIDUS INDUSTRIELS DANS LES EAUX RÉSIDUAIRES

LEUR ÉTAT DE SOLUTION. — DE SUSPENSION. — ÉTAT COLLOÏDE. — LES BOUES. — TABLEAU DES USINES AVEC LEURS RÉSIDUS QUI INTÉRESSENT LA POLLUTION DES EAUX.

Les résidus que les industries évacuent avec leurs eaux de lavage se présentent sous des états très variés, étant donné qu'eux mêmes sont de nature les plus diverses. On les rencontre à l'état de :

Solution.

Suspension.

Colloïdes.

Boues.

Etat de solution. — Ce sont principalement des résidus d'origine minérale. Ils proviennent d'industries traitant soit exclusivement des

matières minérales (métallurgies, produits chimiques, etc.) soit des matières minérales et organiques plus ou moins associées (industries textiles, tanneries, colle forte, etc.)

On trouve sous cette forme presque tous les sels métalliques employés dans l'industrie.

Etat de suspension. — Ce sont principalement des résidus d'origine organique. De même que pour les minéraux, ils proviennent d'industries traitant soit exclusivement des matières organiques (sucreries, féculeries etc.) soit des matières organiques et minérales, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut.

Sous cette forme se trouvent surtout des fibres végétales, du charbon fin, de la chaux, de l'oxyde magnétique de fer. etc.

On peut avoir un aperçu des proportions relatives de ces différentes substances entre elles. Voici un tableau que donne le professeur Calmette dans une analyse d'eaux d'égout allant se déverser dans la Deule :

<i>Matières en solution...</i>	{	Matières minérales	0gr.750 par litre
		— organiques	0,460 par litre
<i>Matières en suspension.</i>	{	Matières minérales	0,670 par litre
		— organiques	0,560 par litre

Remarquons que le chiffre des matières organiques en suspension paraît assez faible. Mais, étant donné leur faible poids, elles n'en représentent pas moins un volume relativement grand.

Matières à l'état colloïdal. — Ce sont des résidus amorphes, dans un état intermédiaire aux deux précédents, mais plutôt voisins des matières en suspension.

D'après Biltz et Kröhnke, ils sont constitués en moyenne partie par des débris organiques et, en particulier, de papiers, de gélatines. On trouve également de la silice et du fer, ainsi que l'a constaté Fowler dans les eaux résiduaires de fonderies à Manchester.

Boues. — Elles sont constituées par des résidus les plus variés et généralement graisseux. Elles contiennent environ 48 o/o d'après Calmette, de matières organiques. Dans leur partie minérale entrent principalement du carbonate de chaux, des peroxydes de fer et d'albumine. La partie grasse provient le plus souvent des huiles et graisses employées à lubrifier les machines.

Ces boues peuvent encombrer le fond des rivières ou être à l'état de masses flottantes suivant la proportion des matières lourdes et leur degré d'aération.

Comment se présentent ces différentes substances ?

— Les minérales existent sous toutes les formes chimiques. Elles proviennent directement des substances autorisées. — Les organiques sont généralement constituées par des substances ternaires et quaternaires et proviennent plus ou moins directement des matières traitées.

Elles proviennent, pour les ternaires, des résidus cellulositiques, papiers, amidon, dextrines, sucres, acides organiques (lactique, butyrique, malique, succinique) de graisses, etc. pour les quaternaires de fibrines, caséines, licithines, gluten etc.

Nous donnons ci-dessous une liste des usines et de leurs résidus intéressant les rivières, d'après le tableau fourni par Calmette et Rolants et d'après des enquêtes que nous avons faites auprès de chimistes de certaines industries.

**LISTE DES DIFFÉRENTES INDUSTRIES DANGEREUSES
AU POINT DE VUE DE LA POLLUTION DES EAUX.**

Abattoirs. — Débris de viande, sang, matières fécales, urine, microbes pathogènes.

Acétylène. — Hydrate de chaux, cyanures, phosphures, arséniures.

Acides minéraux. — Eaux acidulées, sels métalliques.

Acides pyroligneux. — Crésols, goudrons, chlorure de calcium.

Amidonneries. — Grains d'amidon, gluten, bisulfite.

Aniline. — Acide sulfureux, acides libres, phénols, naph-tols, composés nitrés, acides sulfuriques.

Asphalte. — Ammoniaque, phénols, crésols.

Blanchiment. — Chlorure de chaux, acides gras, alcalis, acides libres.

Brasseries. — Débris de grains, acides lactique, butyrique et acétique, levures et bactéries.

Buanderies. — Savons, matières organiques, chlorures et carbonates alcalins.

Carbures métalliques. — Résidus donnant au contact de l'eau de l'acétylène, des cyanures, phosphures, sulfures, chaux libre.

Chlorure de chaux. — Chlorures de manganèse, de fer, de magnésium, d'aluminium, chlore, arsenic.

Colle-gelatine. — Matières organiques, très putrescibles, phosphates.

Cuivre (laminoir-tréfileries). — Acides libres, sulfate de cuivre, chlorure de calcium.

Distilleries d'alcool. — Matières organiques, vinasses, acide sulfurique, acide fluorhydrique.

Drap (fabrique de). — Fibres, soude, savons, huiles, alun, tartre, excréments, urines, terre à foulon, matières colorantes.

Féculeries. — Matières organiques très putrescibles, débris de pulpe.

Galvanisation. — Acides libres, sels de magnésium, de calcium, de fer, de zinc, quelquefois du cyanure de potassium.

Glucoseries. — Matières organiques, noir animal.

Gaz. — Ammoniac, sels ammoniacaux, cyanures, sulfures. sulfites, sulfocyanates, chaux, phénols, goudrons.

Graisses-Huiles animales. — Matières organiques très putrescibles, gouttelettes d'huile.

Laiteries-Fromageries. — Lactose, caséine, matières grasses, carbonates alcalins.

Matières colorantes (fabrication). — Sels de fer, cuivre, manganèse, zinc, plomb, nickel, chrome, cobalt, arsenic, chlore, mercure, acides libres, gaz très toxiques.

Malteries. — Matières organiques, débris de grains.

Métallurgies. — Acides minéraux libres, boues contenant des oxydes métalliques.

Mines de houille, anthracite, lignite. — Chlorure de sodium, sulfate ferrique, acide sulfurique, boues argileuses.

Mines de pyrites. — Acide sulfurique, chaux, chlorures alcalins, sulfate de fer, magnésie.

Niho-Cellulose-Dynamite. — Acide sulfurique, acide azotique, chaux.

Objets métalliques (fabrication). — Acides employés au décapage de la fonte brute et pour désoxyder certaines pièces.

Poudrette et autres engrais d'origine animale. — Matières organiques très putrescibles.

Parfums synthétiques. — Produits chimiques très variés et souvent très toxiques, goudrons.

Paraffine. — Huiles minérales, acides libres, alcalis.

Papeteries. — Matières organiques, résines, chaux, alumine, couleurs minérales, acide sulfureux, chlorure de calcium.

Poudre sans fumée. — Acide picrique.

Peignage des laines. — Matières organiques, matières grasses, savons, carbonates alcalins.

Rouissage du lin. — Matières employées à la putréfaction (lait écrémé, levure de bière, sang) acides organiques fétides (acide butyrique et ses homologues) composés azotés, fibres végétales.

Savonneries. — Matières grasses, savons, lessives alcalines, chlorure de sodium, glycérine.

Soie (travail des cocons). — Matières organiques putrescibles.

Soude. — Sulfures de calcium et de sodium, sulfites de chaux, sulfure de fer, chaux vive, chlorure de sodium, sulfates et carbonates de chaux.

Sucreries. — Matières organiques putrescibles, boues.

Superphosphates. — Chlorure de sodium, acides minéraux libres.

Tanneries. — Matières excrémentitielles, jus tannants épuisés, chaux en suspension, sels de chrome, d'arsenic, chlorure de sodium, sulfures, bacilles charbonneux.

Tabac. — Nicotine, chaux, sels organiques, matières colorantes et odorantes.

Teinture. — Matières colorantes, produits organiques, sels et acides minéraux.

CHAPITRE III

DE QUELQUES EXEMPLES DE LA POLLUTION DES RIVIÈRES

HISTOIRES LOCALES. — RÉGIONS PARTICULIÈREMENT ÉPROUVÉES

Par suite de l'extension des usines, les déversements dans les rivières de leurs eaux résiduaires ne tardèrent pas à infecter les cours d'eau de certaines régions d'une façon lamentable, de sorte que ces derniers furent souvent transformés en égouts colorés, malodorants et dangereux.

C'est particulièrement dans certaines régions de l'Angleterre, de la Belgique, de l'Allemagne, et en France dans le nord, que l'on peut constater le triste martyrologue des rivières.

Par la négligence des usiniers, par la pénurie des lois, par l'insuffisance des moyens d'épuration, les

rivières sont fréquemment transformées en véritables égouts à ciel ouvert.

Depuis longtemps ces méfaits étaient signalés. Déjà en 1870, Hallé avait remarqué que les instruments de cuivre noircissaient dans les maisons situées sur les bords de la Bièvre, près de son embouchure dans la Seine. C'était dû au dégagement de l'hydrogène sulfuré provenant de l'état de putréfaction de l'eau.

Plus tard en 1859, le Dr A. Wurtz s'inquiète du degré de corruption des rivières du nord par les eaux résiduelles des distilleries de Betterave. « Les
« eaux, disait-il, sont devenues visqueuses, recou-
« vertes de pellicules grisâtres, l'odeur est repous-
« sante et les poissons y meurent avec une rapidité
« inquiétante. »

Puis ce sont les eaux de Roubaix, des canaux d'Aire à la Bassée, la Deule, la Scarpe, l'Escaut, etc.

Ces eaux ordurières vont même nous amener des difficultés avec nos voisins : L'Espierre, petite rivière du Nord, qui va se jeter dans l'Escaut, récolte tous les détritiques de Tourcoing, Roubaix, Wattrelos, Mouscron, soit une agglomération de 250.000 habitants. Son débit est faible et la quantité d'eaux usées qu'elle reçoit augmente à certaines heures son débit dans des proportions considérables. Les eaux sont tellement souillées que l'effet s'en fait sentir jusqu'à Gand. Déjà en 1861 les communes belges s'étaient plaintes et menaçaient de barrer le cours de l'eau.

On dut alors procéder à des travaux de curage
C'était bien insuffisant.

En 1876, devant l'infection croissante, les villes
de Roubaix et de Tourcoing, déclarées responsa-
bles de cet état de pollution furent chargées d'y re-
médier.

En 1881, Rolants chef de laboratoire à l'Institut
Pasteur de Lille, dans une analyse faite en juillet
trouva les proportions suivantes :

Matières organiques	2 gr. 220 par litre.
— minérales	2 gr. 228

En 1900, 93 communes riveraines adressent des
plaintes aux pouvoirs publics et le Professeur Chan-
temesse, dans un rapport au Comité consultatif
d'Hygiène de France justifie leurs doléances : « Les
« protestations, écrit le Professeur Chantemesse,
« duraient depuis une vingtaine d'années, les plain-
« tes sont particulièrement vives pendant la cha-
« leur, et les mauvaises odeurs répandues par la
« putréfaction des eaux deviennent insupportables. »

Cette enquête a été faite au mois de novembre par
une journée froide et pluvieuse, mais néanmoins les
exhalaisons fétides étaient telles qu'une promenade
le long des berges du canal était impossible. Le pro-
fesseur Chantemesse put ainsi constater que la
Deule était souillée en amont de Lille et pendant la
traversée de cette ville. En amont, par la rigole de
la France, les naviettes d'Herrin et de Séclin, les
cours d'eau de Santes et de Ligny. Ces eaux étaient

polluées par de nombreuses usines de peignage des laines, de diffusion de distilleries, de produits chimiques, etc.

Il faut reconnaître que beaucoup d'industriels traitent leurs eaux vannes par la chaux ou l'acide sulfurique, les décantent, mais ce traitement n'est pas suffisant. De plus, ils ne surveillent pas suffisamment ces opérations qui demandent un soin et une surveillance extrême.

Le Professeur Chantemesse signale encore tout particulièrement les petites usines qui échappent à toute surveillance et ne se livrent à aucun travail de décantation. Partout sur les bords de la Deule, les industries riveraines grandes et petites ne sont pas soumises à une surveillance sérieuse de sorte que leurs eaux résiduaires, insuffisamment purifiées vont contaminer cette rivière, et le Professeur Chantemesse termine ainsi son rapport :

« N'est-il vraiment pas difficile d'empêcher au
« nom de l'hygiène la contamination de la Deule en
« amont de Lille, quand cette ville peut souiller im-
« punément la rivière d'une façon constante et plus
« grave ? »

« Enfin, une mesure projetée, rendra d'utiles ser-
« vices, celle d'ajouter à la rivière incriminée, l'eau
« d'une dérivation de la Sensée, qui accroîtra d'une
« manière sensible le débit de la Deule »

Or, qu'a-t-on fait depuis cette époque ? Peu de chose pour l'amélioration, mais au moins les habitants effrayés s'organisent pour se défendre.

En 1903, 300.000 habitants du Nord, groupés par M. Ory, sous la présidence d'honneur de M. Guillaïn constituent un *Consortium des Riverains de la Deule, de la Marque, de la Lys*, dénoncent le péril résultant de l'état pestilentiel des cours d'eau contaminés par les usines.

Le 18 juillet 1904 au Congrès d'hygiène sociale à Arras, le Professeur Calmette indique qu'il existe des moyens efficaces pour purifier les eaux résiduaires et montre sur place aux membres du Congrès le fonctionnement de sa station expérimentale *de la Madeleine* avec ses bassins d'épuration chimique et biologique ; et le Dr Letulle put rendre hommage aux travaux du Professeur Calmette en déclarant « que bientôt, grâce à l'expérience *de la Madeleine*, chaque industrie trouvera sa formule d'épuration et l'on voit, avec quel enthousiasme, le monde industriel suit ses progrès, et l'on s'explique le succès retentissant qu'a eu le Congrès d'Hygiène Sociale à Arras ».

Nous nous sommes rendus dans le Nord en novembre 1909, afin de recueillir sur place quelques renseignements sur l'état actuel de la pollution des eaux, auprès des personnes autorisées. Nous nous sommes rendus compte que l'état des cours d'eau était toujours lamentable. Certes, il y a eu des améliorations sensibles, notamment pour la Haute-Deule. On a abaissé le bief de la Sensée ce qui augmente de 100.000 mètres cubes d'eau par 24 heures

le débit de la Deule. On épure maintenant les eaux des abattoirs de la ville. Certains foyers d'infection ont été supprimés grâce à l'action du Consortium. Mais comme d'autre part les industries se développent constamment, tous ces efforts sont annihilés et les travaux effectués n'ont pu encore enrayer le mal.

Nous avons exploré les rives de la Basse Deule par un temps froid et neigeux, et nous y avons retrouvé le même spectacle que décrivait en 1900 le Professeur Chantemesse : Eau noire et gluante, bouillonnante sous le dégagement de grosses bulles des gaz de la putréfaction. A la surface, de grosses masses de crasse graisseuse. Tout cela répandait une odeur fade et nauséuse. Triste et dangereux spectacle pour les habitants du quartier.

Nous avons vu l'Espierre, le grand collecteur des usines de la région. Tantôt les eaux sont colorées et acides lorsque les effluents des teintureries dominent, tantôt elles sont noires et acides lorsque ce sont les eaux de peignage des laines. De l'eau prélevée dans un verre, présentait l'aspect d'un liquide boueux et noirâtre avec de grosses gouttelettes huileuses en émulsion. Malgré une température ambiante à 2°, cette eau était à 18°.

Lorsque l'Espierre vient rejoindre l'Escaut, ce dernier prend instantanément une coloration sombre. La région du Nord n'est malheureusement pas la seule à avoir le triste privilège de voir ses rivières souffrir ainsi de l'activité usinière.

Nous ne pouvons pas passer en revue tous les pays intéressés. Mais certains, en particulier, sont tellement infectés qu'il est utile de signaler encore quelques exemples.

Dans la Somme, en 1902, nous voyons les habitants de Nesle et d'Epenancourt se plaindre de l'état d'infection des eaux et accusent les déversements des distilleries et sucreries. Ils exposent leurs doléances au Préfet de la Somme se plaignant : « de « l'odeur nauséabonde que répandent les cours « d'eau. L'air y est irrespirable et, si par malheur « des chaleurs survenaient, il y aurait assurément « des maladies et peut être même une épidémie.

« A Péronne, il y a quelques années, l'empoisonnement de l'eau a amené plusieurs cas de fièvre « typhoïde. »

Le 7 juillet 1902, c'est le maire de Béthencourt qui écrit au Préfet :

« Je vous dirai ce qui intéresse le plus la population de Béthencourt, c'est surtout la question de « la salubrité publique. L'air empoisonnait jusque « dans les maisons les plus rapprochées du canal, « et l'instituteur était obligé de fermer la porte de « sa classe parce que lui et ses élèves en étaient incommodés ! Chacun se demandait s'il n'y avait « pas à craindre quelque épidémie occasionnée soit « par la corruption de l'air, soit par l'infiltration de « l'eau dans les puits. »

Puis ce sont les doléances des communes de Brie, de Cléry qui réclament des mesures rapides

afin de remédier à l'état d'infection du canal de la Somme.

Il nous faudrait encore citer toutes les villes riveraines de la Somme, Eterpigny, Feuillères, Frise, Ham, Péronne, etc., qui signalent la disparition du poisson, l'aspect dégoûtant de l'eau, l'odeur nauséabonde qui éveille en eux de justes alarmes et récriminent avec véhémence contre « les empoisonneurs de leur rivières. »

En 1905, nouvelle recrudescence des plaintes de la part des pêcheurs qui voient se dépeupler leurs étangs ; les distillateurs de Ham et de Nesle usant plus de 2200 hectolitres d'acide par an et 20.000 hectolitres d'eau par jour, et M. Eugène Lebel de Péronne, à qui nous sommes redevables de ces renseignements, signale que, au moment où les cours d'eau reçoivent les eaux des industries on voit les poissons monter tout à coup à la surface de l'eau, se laissant aller sur le côté et finissant par mourir. De même à Epenancourt, en 1908, on a trouvé environ 4.000 kilogs de poissons morts dans ces conditions, et le 10 avril 1908, dans la Ternoise (Pas-de-Calais) 400 truites ont pu être ramassées sur un parcours de 3 kilomètres.

Actuellement, les choses se sont heureusement améliorées d'une manière très notable, grâce à l'activité du service des Eaux et Forêts et à l'appui du Préfet de la Somme. Néanmoins, la pollution constante qui a St Quentin pour origine, continue encore

ses méfaits dans l'Aisne. Aux environs d'Offroy on vient de signaler ces derniers temps une véritable hécatombe de poissons.

A l'étranger, nous voyons des efforts analogues. L'Angleterre fut, peut-être, le premier pays où la pollution acquit une intensité effrayante. Mais il faut rendre justice aux ingénieurs et chimistes de ce pays car ils reconnurent les graves dangers qui menaçaient leurs rivières, et c'est, actuellement, en Angleterre que nous devons chercher le bon exemple, et leurs efforts ont donné déjà d'excellents résultats.

En Allemagne, des faits analogues à ceux que nous avons relatés dans le Nord sont signalés dans la littérature de ce pays. Ainsi, dans les régions minières, les eaux sont surchargées de sels de fer qui sont particulièrement nocifs pour les poissons. La Birkawa, rivière de la Haute-Silésie, subit une pollution intense de la part des charbonnages de l'Orzesche. L'analyse donne les chiffres suivants :

	en amont	en aval
Anhydride sulfurique..	5 milligr. par litre	2.09
Acide sulfurique libre..	0	29
Oxyde ferreux.....	0	11
Oxyde ferrique.....	9	6

Il y a donc une richesse extrême en sels de fer et en acides : aussi tous les poissons ont totalement disparu et les tentatives de repeuplement ont totalement échoué.

Dans d'autres régions minières voisines on a trouvé des eaux contenant jusqu'aux proportions suivantes :

Sulfate ferreux.....	19 milligr. par litre.
Sulfate ferrique.....	435 —
Acide sulfurique libre..	375 —

Une mine d'argent de Freiberg amène journellement dans la Triebischbach environ 560 kilogs de sulfate ferreux et 2.280 kilogs de sulfate de zinc.

Weigelt rapporte que, dans la Bode, en aval du débouché des eaux résiduaires des sucreries de Neustrassfurt, les poissons semblent pris de vertige, sont emportés sur le flanc par le courant. Beaucoup meurent rapidement, d'autres ne se rétablissent, peu à peu, que plus loin, lorsqu'ils sont à une certaine distance du foyer d'enpoisonnement. Les poissons meurent chaque année au commencement de la campagne sucrière et Weigelt fait remarquer que les eaux sont sales, très troubles et particulièrement pauvres en oxygène.

CHAPITRE III

MÉCANISME DE LA POLLUTION

POLLUTIONS DIRECTES ET INDIRECTES. — CAUSES FAVORISANT LA POLLUTION DE LA NATURE DES DÉVERSEMENTS. — CONSIDÉRATIONS SUR CERTAINES SUBSTANCES ET LES SUBSTANCES PARTICULIÈREMENT NOCIVES. — LE SORT DES GRAISSES.

De la pollution. Ses causes. — Les substances résiduelles viennent polluer les cours d'eau soit directement, soit indirectement. Directement, c'est le cas le plus général : les eaux non traitées ou insuffisamment épurées entraînent les différents états que nous avons signalés. On les retrouve dans les rivières réceptrices, naturellement déluées dans la masse d'eau, mais dans le même état au point de vue physique et chimique.

Ce sont, généralement, des matières minérales

qui ne subissent guère de réactions secondaires dans l'eau.

Indirectement, ce sont des résidus qui se transforment par un mécanisme de désintégration de leurs molécules, de sorte que l'analyse de l'eau de la rivière donne des résultats peu comparables à celui que donnerait celle des eaux usées au moment de leur rejet.

Le mécanisme est généralement le suivant :

Pour les substances ternaires, ce sont les anaérobies qui les modifient en consommant leur oxygène. Et il se dégage :

- De l'hydrogène libre ;
- De l'hydrogène sulfuré ;
- De l'hydrogène carboné ;
- De l'anhydride carbonique.

Pour les substances quaternaires, ce sont à la fois les anaérobies et les aérobies qui les transforment en donnant :

- Des peptones ;
- Des composés ammoniacaux ;
- De l'ammoniac libre ;
- Des nitrates ;
- De l'hydrogène libre ;
- De l'hydrogène carboné ;
- De l'hydrogène sulfuré ;
- De l'anhydride carbonique.

Causes favorisant la pollution. —

Les eaux se trouvant ainsi chargées de débris de toutes sortes, qui doit-on en incriminer ?

Il est certain que la négligence de certains usiniers est absolument inexcusable. Peu leur importe ce que deviennent leurs eaux usées et inutilisables pour eux et ils méritent bien les reproches violents qui leur ont été adressés et dont nous avons signalé quelques exemples. Mais dans d'autres cas, ce sont des conditions particulières tenant à la nature du sol et au régime des rivières elles-mêmes qui provoquent et facilitent cet état de choses.

Dans le Nord, par exemple, le pays est plat, pauvre en grands fleuves ; les rivières ne charrient qu'une faible masse d'eau et sont d'un cours très lent. Il est bien évident qu'elles se prêtent bien mieux à la contamination que des grands fleuves ou des torrents. De même les rivières, à lit vaseux, retiennent des boues qui seraient vite dissipées sur roc ou même du sable pur. Souvent aussi les rivières sont éloignées des usines et ne sont reliées à ces dernières que par de petits ruisseaux insignifiants, disparaissant sous la végétation ou même totalement souterrains. Or ces petits ruisseaux, véritables hypocrites, passent inaperçus, mais ils n'en forment pas moins « les grandes rivières », et ainsi que l'a fait remarquer le Professeur Chantemesse, ils finissent par constituer un danger d'autant plus grand que l'on y prend pas garde.

Dans d'autres cas, ce sont les entraves de toute nature au cours de l'eau, le jeu des écluses, barrages, les amas de joncs faucardés que l'on a imprudemment rejetés au fil de l'eau. Enfin, certaines rivières ont un débit très variable et ne deviennent dangereuses que par intermittence. Il est absolument indispensable de s'en informer dans le cas d'une expertise et cela explique les résultats si différents d'analyses faites à des époques différentes. Ces rivières, qui roulent en hiver une quantité d'eau abondante, diluent souvent d'une manière bien suffisante les affluents qu'elles reçoivent, et sont reconnues comme inoffensives, alors que, en été, ou par suite d'un dessèchement partiel, elles deviennent très dangereuses par trop grande concentration.

En 1882, Léon Garnier, étudiant la contamination d'une rivière des Vosges, près de Remiremont, par des eaux de lessivage, de déchets de cotons gras, est arrivé aux conclusions suivantes :

L'usine traitait environ 2.000 kilogs de déchets et soit 360 kilogs de soude à 36°, soit 40 kilogs de carbonate de soude à 90°, suivant le degré de fermentation plus ou moins prononcé du coton. Cette rivière a un débit moyen de 1000 litres en hiver et de 500 en été. En aval il existe un certain nombre de prises d'eau pour l'alimentation des habitants.

Or, les prélèvements pour l'examen ayant été faits à une époque où la rivière avait un débit

moyen, l'analyse a donné les chiffres suivants, exprimés en grammes par litre :

Matières desséchées à 100°		Cendres laissées par l'incinération des substances précédentes.		
Partie soluble dans l'eau	Extrait alcoolique	50.05	{ Acides gras..... 39.50 Carbonate de soude 8.71 ...	10.650
	Extrait éthéré...	0.25		0.020
	Extrait aqueux..	13.15	{ Sels divers..... 1.715 Carbonate de soude.....	10.125
		63.45		22.510
Partie insoluble.....		10.55		2.000
Total.....		74. »		24.510

Voici la signification de ce tableau :

Extrait alcoolique. — Contient des savons gras, résineux.
— huile dissoute, — sels solubles dans l'eau (les chlorures, par exemple).

Les acides gras résultent de l'action de l'acide chlorhydrique sur la solution aqueuse de l'extrait alcoolique et peuvent renfermer des matières huileuses tenues primitivement en dissolution dans les savons.

Extrait éthéré. — Contient le reste des débris gras que l'alcool n'a pu entraîner.

Extrait aqueux. — Contient des matières organiques en faible quantité et surtout une bonne proportion de sels (11 gr. 84), dont 10 v. 125 représentent le carbonate de soude libre qui n'a pas réagi sur les corps gras et qui paraît être en excès.

Partie insoluble. — Restée sur le filtre après lavages répétés à l'eau distillée. Masse grisâtre, homogène, pultacée, renfermant des débris de coton et quelques sels (2 p. 10). — 1 litre de lessive en rejette à la rivière environ 74 grammes.

Voilà pour la période du débit abondant. En temps de sécheresse, les proportions deviennent :

	milligr.
Matières organiques	1.146
— minérales	0.567

c'est-à-dire que 1 litre d'eau sera augmenté de 1 milligr. 146 de matériaux fixes.

Qualitativement, les substances que l'analyse a dévoilées étaient :

Savons — huiles — coton — acides chlorhydrique, sulfurique, et carbonique (abondant) — chaux — potassium — magnésie — fer — carbonate de soude.

Or, dans le cas actuel, la présence des matières minérales n'est pas pernicieuse : le carbonate de soude réagissant sur les sels calcaires, se transforme en sels sodiques, chlorures et sulfates à réaction neutre.

Quant aux matières organiques, elles produisent les dépôts vaseux qui infectent l'atmosphère lorsque l'été produit un dessèchement partiel. Mais lorsque le niveau remonte, les savons sont aussitôt transformés en savons de chaux insolubles et inoffensifs. — Il est d'ailleurs très facile de traiter les eaux dans des bassins étanches par un lait de chaux afin de précipiter les savons et en faire des engrais.

De la nature des déversements industriels. — Nous venons de voir que certaines substances rejetées dans les eaux peuvent constituer une source de dangers. Il est nécessaire de connaître lesquelles d'entre elles sont le plus à redouter. Bien entendu, le degré de leur concentration est la première chose à connaître.

Cette question a été étudiée par M. Bonjean et l'on peut résumer ainsi ses conclusions :

Sels calcaires. — Ils ne sont guère à redouter. Des eaux même bonnes pour l'alimentation peuvent en contenir jusqu'à 250 milligr. par litre.

Sels magnésiens. — Inoffensifs. Leur excès rendrait tout au plus l'eau légèrement laxative.

Sulfates. — L'eau est indigeste et impropre aux usages domestiques.

Oxygène. — Sa présence est nécessaire pour la bonne qualité d'une eau. Son absence indique généralement la présence de matières organiques.

Hydrogène sulfuré. — Sa présence n'indique pas toujours une contamination. Elle peut se trouver dans des eaux pures mais naturellement minéralisées. Il est contraire aux usages domestiques et industriels. En particulier très nocif pour les poissons.

Fer. — Sa présence rend l'eau impropre aux usages domestiques et nocive pour les poissons. Il est de toute nécessité de la déferriiser avant son emploi.

Azote organique amoniacal. — Sa présence indique une eau souillée par des résidus d'origine animale. Il est généralement un indice de pullulation de microbes. Il peut cependant exister dans des eaux coulant sur des terrains tourbeux et marécageux. L'azote d'origine végétale est moins redoutable que celui qui provient des matières animales.

Azote nitreux. — Est un indice de contamination.

Azote nitrique (nitrate). — Indice de contamination. Il provient d'oxydation de matières putrides. On a prétendu qu'il pouvait se trouver, dans certaines eaux exemptes de débris organiques, et l'on a cité l'exemple de ruisseaux du Sahara qui en contiennent jusqu'à vingt mil'igrammes par litre, dans des régions entièrement dénuées de toute vie animale. Mais si les eaux sont actuellement dans un tel état, cela provient des êtres vivants qui y ont vécu à des époques anciennes.

Acide phosphorique (phosphate). — Sa présence a été signalée dans des eaux, même très pures, par suite d'une dissolution des phosphates du sol.

Mais il faut toujours tenir pour suspecte une eau

contenant cette substance. Même son absence n'est pas une preuve de non pollution, car il peut être transformé au contact des terrains calcaires en phosphates calciques insolubles..

Matières organiques en général. — Une eau riche en matières organiques est suspecte. Il y a lieu, cependant, de faire une distinction entre celles qui ont une origine animale et celles qui ont une origine végétale. Car une eau relativement pauvre en détritux animaux est à redouter, tandis qu'une eau, contenant une assez grande quantité de matières végétales, ne présente pas les mêmes dangers au point de vue de la corruption. Mais, d'une manière générale, on peu dire que :

Elles transforment l'eau en un milieu favorable pour le développement des bactéries. Citons, en passant, les plus fréquemment rencontrées :

- Coli-Bacille ;
- Bacille typhique ;
- Staphylocoque pyogène ;
- Bacille pyocyanique ;
- Bacillus fluorescens ;
- Bacillus ramosus ;
- Vibrion cholérique ;
- Bactéries chromogènes ;
- Bactéries putrides ;

Chlorures. — Les eaux qui en renferment plus de deux grammes par litre sont certainement polluées

Exception doit être faite pour celle des régions voisines de la mer qui en présentent des quantités plus considérables.

Matières fécales. — Indice certain d'une pollution. Elles s'accompagnent de la présence redoutable du bacille typhique. On y trouve également des coli-bacilles qui, par réciproque, prouvent bien la nature fécaloïde de la pollution.

Matières grasses. — N'existent que dans des eaux polluées.

Le sort des graisses. — Parmi ces divers résidus il en est qui méritent une étude un peu approfondie à cause de la complexité de leurs transformations ultérieures dans l'eau qui les reçoivent. Ce sont les matières grasses.

Ces matières proviennent ordinairement des eaux de lavage des laines, des laiteries et des industries utilisant des huiles de toute nature. Elles entrent environ dans la proportion de 15 o/o dans la constitution des boues flottantes, d'après l'estimation du Prof. Calmette. Les eaux de laiteries d'après König peuvent en contenir jusqu'à 5 gr. 600 par litre.

On les rencontre sous deux états : en suspension, en masses plus ou moins agglomérées (boues flottantes) et en émulsion. Leur conséquence dans l'eau est de colmater les supports d'oxydation (graviers, grains de coke) et de nuire ainsi à la circulation de l'air. Quel est leur sort ?

Les auteurs anglais estiment qu'elles ne sont pas volontiers attaquées par les micro-organismes, mais Bechhold et Schreiber en Allemagne pensent tout différemment. D'après ces auteurs, les matières grasses sont attaquables par les Bactéries et par suite de l'alcalinité du milieu, elles se dédoublent en acides gras et glycérine. Il est probable que cette attaque se fait bien réellement ; surtout lorsqu'elles se trouvent dans un état de grande divisibilité.

D'après les expériences du Dr Lacomble, la putréfaction agit dans deux sens :

- 1° en diminuant la teneur en graisse ;
- 2° en augmentant l'indice d'acidité.

Ce serait là une preuve du dédoublement. La glycérine étant soluble dans l'eau et nutritive pour les êtres vivants serait assimilée par eux, quant aux acides gras, ils formeraient des savons décomposables par les microbes.

De ces considérations, on peut conclure :

1° Que si l'eau est stérile, les graisses ne subissent guère de modifications, mais que la putridité favorise au contraire leur processus de décomposition ;

2° Que les différentes graisses ne se décomposent pas avec une égale rapidité ;

3° Que les processus intimes de leurs altérations sont encore mal connus et que certains phénomènes, comme le rancissement, par exemple, ne sont pas encore bien clairement élucidés.

CHAPITRE IV

DES DANGERS CONCERNANT

LES POISSONS EN PARTICULIER

DE QUELQUES OBSERVATIONS A PROPOS DES SUBSTANCES NOCIVES, (MINÉRALES ET ORGANIQUES.) — ACTION DE L'OXYGÈNE. — ACTIONS MÉCANIQUES.

Quelques observations à propos des substances nocives, minérales et organiques. — Les animaux aquatiques sont, comme tous les êtres vivants, fort sensibles aux modifications de leur milieu naturel. Il est bon de connaître quels sont les éléments qui leur sont particulièrement redoutables et en quelles proportions ils en amènent la destruction.

Les résidus industriels peuvent provoquer, plus ou moins rapidement, la mort du poisson en agis-

sant soit par intoxication directe par l'intermédiaire de substances qui agissent sur les organes de l'animal, soit en créant des conditions de milieu défavorables à son existence et entravant ses fonctions vitales.

A vrai dire, nous connaissons mal cette branche de l'ichtyopathologie et cependant elle nous rendrait de réels services et l'on pourrait en retirer des indications sur le bon ou le mauvais état d'une eau.

En France, Raphaël Dubois, Labatut et Perrier, en Allemagne, Weigelt et Hofer ont expérimenté méthodiquement l'action de certaines substances chimiques et sont arrivés à des résultats des plus intéressants. Ces travaux auraient d'ailleurs besoin d'être repris et complétés.

De leurs expériences, il résulte que les substances minérales agissent principalement par leur causticité en corrodant les organes externes et en pénétrant dans la circulation. Il est inutile de donner une liste des usines avec les résidus nocifs, toutes seraient à citer ; nous ne citerons que quelques substances particulièrement redoutables, ainsi : les acides minéraux — les sels de fer — le chlorure, l'ammoniaque, l'anhydride sulfureux, les sels de mercure, les sels d'arsenic, les sels de plomb, les sels de zinc, les phénols, les couleurs d'aniline. Nous renvoyons au livre de Weigelt sur l'assainissement et le repeuplement des rivières où se trouvent dé-

crits la série des corps chimiques avec leurs doses mortelles ou dangereuses.

Certaines substances sont particulièrement intéressantes et demandent à être bien connues : C'est ainsi que l'empoisonnement par l'hypochlorite de chaux a attiré l'attention du professeur Raphaël Dubois, car cette substance est une cause trop fréquente de la destruction du poisson. Le Conseil général du département de l'Ain, lui ayant confié la mission de rechercher les causes de la dépopulation des ruisseaux de la région, il a constaté qu'il fallait en incriminer la présence de l'hypochlorite de chaux.

Dans ce cas particulier, ce n'était pas des usines qui déversaient ce produit dans les rivières, c'était les braconniers d'eau qui capturaient par ce moyen de nombreux poissons, notamment les veilles de fêtes, comices, etc.

Néanmoins, la question est intéressante au point de vue qui nous occupe. car, ce que font les pêcheurs, peut être reproduit du fait d'une industrie.

Le Professeur Raphael Dubois employait un aquarium de 315 litres de capacité : l'eau était renouvelée et ventilée à l'aide d'une trompe. Il ajoutait de l'hypochlorite de manière à avoir la proportion de 0,25 centigr. par litre.

Il expérimentait sur des animaux d'espèces variées : (truites, poissons de petite taille, moules, écrevisses, cyprins dorés, têtards, grenouilles, limnées, crevettes d'eau douce.)

Il constatait que, aussitôt après la projection de l'hypochlorite, les poissons montraient une inquiétude extrême et venaient à chaque instant à la surface de l'eau.

Au bout de 28 minutes, la truite prend à son extrémité caudale une coloration noire et reste inerte avec des cornées opalescentes et les branchies décolorées.

Puis au bout de 32 minutes, les moules s'entrouvrent et meurent.

Le lendemain, tous les poissons étaient morts.

M. Raphael Dubois conclue que l'hypochlorite de chaux est toxique pour les poissons et les tue par asphyxie.

Il y a donc lieu de se méfier des industries susceptibles de rejeter cette substance avec ses eaux résiduaires, comme par exemple les blanchisseries, les usines de blanchiment de la pâte à papier, etc.

Les acides minéraux agissent comme corrosifs et provoquent une destruction de l'épiderme et des ecchymoses pharyngiennes. L'acide chlorhydrique est le plus actif, et de même que pour l'acide nitrique, le poisson meurt instantanément dans des solutions à 0,1 pour 1000.

L'acide sulfurique est bien mieux toléré puisque les animaux vivent pendant plusieurs jours dans une solution à 0,1 pour 1000.

Pour l'anhydride carbonique, il semble que sa présence, même en assez grande quantité ne soit

pas dangereuse pour le poisson quoique cependant on l'ait fréquemment accusé de provoquer l'asphyxie.

Ainsi, dans le lac de Laacher (province du Rhin), des bulles de ce gaz s'élèvent constamment à la surface et cependant les poissons et en particulier la perche et le brochet, cependant très délicats, s'y développent admirablement. La truite, poisson des eaux limpides et aérées, vit très bien dans une eau chargée de 15 centgr. d'anhydride carbonique par litre. (Remarquons en passant que, à Paris, l'eau de de Seine en contient en moyenne 30 centigr. par litre). Mais, si l'on remarque que le plus souvent la présence de l'anhydrique carbonique coïncide avec l'absence d'oxygène, on a bien le droit de conclure que les méfaits imputés au premier gaz, proviennent bien plutôt du fait de l'absence du second. Nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

Les substances minérales ne sont pas les seules dangereuses pour le poisson. Les substances organiques ne le sont pas moins. Elles semblent agir, suivant l'opinion de M. Raphaël Dubois, en décomposant et en corrompant l'eau. Pour MM. Labattut et Perrier elles ne provoqueraient pas l'asphyxie, car leur action sur l'oxygène dissous nécessaire à la respiration serait insignifiante. Cela nous semble exagéré. Mais alors on pourrait admettre que des bacilles et des organismes inférieurs se développent dans le milieu pollué et produisent des substances

solubles d'élimination qui sont éminemment toxiques. Ce seraient ces produits voisins des ptomaïnes qui produiraient ce que les pêcheurs appellent *l'état de malaise* dans lequel le poisson est engourdi ; état que le Dr Baudran compare à l'abattement d'un typhique.

Les eaux des sucreries produisent souvent ce phénomène. Ainsi M. Testart ayant examiné des poissons trouvés morts dans le Vulpion, à la suite de déversements abondants d'eaux de sucreries, en 1906, nous signale que les recherches faites pour en déterminer la cause, ont montré que leur mort était due à des lésions du foie. Cet organe était hypertrophié et d'une coloration anormale. Dans la cavité abdominale se trouvait un liquide brun foncé à odeur putride.

Action de l'oxygène. — La présence de l'oxygène est la plus indispensable pour la vie des poissons et la salubrité d'une eau. L'eau la mieux épurée, mais dépourvue de ce gaz devient tout aussi impropre à la vie qu'une eau bien oxygénée mais chargée des pires poisons.

Les eaux pauvres en oxygène tuent par asphyxie. Les poissons passent d'abord par une période d'agitation extrême. Cela a lieu en particulier dans le cas d'eaux rendues putrides par la décomposition de matières organiques. Par exemple les eaux de rouissage du lin sont très redoutables. Weigelt ayant

examiné comparativement la teneur en oxygène d'eaux de rouissage et de la Saale a trouvé :

EAU DE LA SAALE	EAU DE ROUISSAGE
O. . . . 25 milligr. 9	4 milligr. 2
A z. . . 29 milligr. 9	29 milligr. 9
Co ² . . 16 milligr. 5	65 milligr. 9

Or, la quantité d'oxygène que le poisson exige en moyenne, pour un même poids et pour un même temps, est environ huit fois moindre que la quantité exigée par l'homme, ce dernier réclamant 23 litres par heures.

Il faut encore remarquer l'action de la température sur l'oxygène dissous car, comme tous les gaz, il voit sa solubilité diminuée à mesure que la température s'élève. Il y a donc lieu de savoir si, à de certains moments, il n'est pas déversé dans les rivières de grandes quantités d'eau surchauffée.

De l'action mécanique de certaines substances. — Généralement, ce sont des matières organiques, des poussières en suspension qui viennent se déposer sur les branchies. Ces organes si ténus, si délicats, sont bientôt englués par des dépôts soit visqueux, soit cristallisés ou encore sont dilacérés par des particules coupantes.

Ainsi les scieries mécaniques produisent de grandes quantités de sciure de bois très fine qui vient adhérer aux branchies. Les usines à gaz, les fabriques de goudrons donnent des débris goudronneux

qui les agglutinent. De même les gouttelettes de pétrole et de graisse viennent former un manchon isolant autour des lamelles branchiales et le poisson asphyxie, parce que ses organes respiratoires ne viennent plus en contact avec l'eau.

Dans d'autres cas, ce sont des particules acérées qui déchirent les branchies; ainsi les tanneries, les blanchisseries produisent de l'hydrate de chaux et il en résulte, au contact de l'anhydride carbonique expiré, la formation de petits cristaux de spath qui pénètrent dans les lamelles branchiales et y provoquent des hémorragies.

Les teintureries, imprimeries de tissus, fournissent du chlorure stanneux qui se dépose également sur les branchies et sur la muqueuse pharyngienne, bientôt l'acide stannique est mis en liberté et provoque une corrosion rapide de ces muqueuses.

CHAPITRE V

RECHERCHES SUR LA PUTRESCIBILITÉ D'UNE EAU

MÉTHODES CLASSIQUES. — LEUR INSUFFISANCE. —
LES PARTICULES PUTRESCIBLES. — LE TEST D'IN-
CUBATION. — LA RÉACTION DU CARO. — L'AB-
SORPTION DE L'OXYGÈNE. — COMPARAISONS
ENTRE CES DIFFÉRENTES MÉTHODES.

Méthodes classiques et leur insuffisance. — Les chimistes ont depuis long-temps cherché à évaluer les matériaux étrangers que renfermait l'Eau. Mais c'est seulement en 1778 que Bergmann, professeur à Upsal, et son élève Scharemborg, ont cherché à déceler la présence des matières organiques dans l'eau.

« Les eaux, écrivait Bergmann, sont quelquefois
« chargées de la matière extractive des substances
« végétales et animales. De là vient qu'elles sont
« sujettes à se corrompre, lorsqu'il y en a une cer-
« taine quantité. »

La question était nettement posée. Il fallait y répondre. On a, dès le début, utilisé des solutions titrées de permanganate de potasse en milieu acide (Forchhammer 1849), puis en milieu alcalin (Schulze et Trommsdorff, méthode préconisée par Albert Lévy et adoptée par le Comité consultatif d'hygiène publique en 1885.

A l'heure actuelle, on emploie toujours l'analyse à l'aide du permanganate en solution acide et en solution alcaline, concurremment avec la méthode d'évaporation et de calcination.

Evaporation suivie de calcination. — On évalue la perte au rouge, c'est-à-dire la différence entre les poids des résidus secs obtenus par évaporation et celui du résidu fixe obtenu par calcination. Mais, ainsi que le fait remarquer Rolants, il faut bien se garder de considérer la perte au rouge comme représentant exclusivement la matière organique ; car certains sels ont été décomposés et volatilisés. Par exemple, des chlorures, sulfates, alcalino-terreux ; et on a évaporé également l'eau de constitution de certains sels.

Pour Bonjean, il y a une perte d'anhydride carbonique et de carbonate, et malgré les perfectionnements employés, les résultats ont toujours été plus faibles que ceux donnés par la recherche de l'azote et du carbone.

Evaluation de l'oxydabilité au moyen du permanganate. — On évalue la quantité de matières orga-

riques, en déterminant la garantie d'oxygène que ces matières sont susceptibles d'employer à une solution titrée de permanganate.

Cette méthode donne lieu à beaucoup de critiques. Aucun corps (sauf l'acide oxalique) ne peut emprunter au permanganate tout l'oxygène dont il aurait besoin pour brûler.

Ainsi :

le sucre de raisin n'en emprunte que les	4/10
— canne — — —	5/10
l'allantoïdine — — —	3/100
l'urée — — —	pas du tout.

D'autre part, il existe toute une série de substances qui décomposent le permanganate; citons :

- Le goudron de houille ;
- Le phénols ;
- Le naphthols ;
- La naphtylamine ;
- Les bases pyridiques ;
- La teinture d'indigo ;
- La teinture de campêche ;
- Les sulfocyanates ;
- Les sulfites ;
- Les nitrites ;
- Les sels ferreux.

Le procédé au permanganate ne donne aucune indication absolue sur le poids des matières organiques ni sur leur nature.

Tout ce que l'on peut dire à propos de cette dernière remarque, c'est que :

1^o en milieu acide, ce sont les substances végétales qui consomment le plus d'oxygène ;

2^o en milieu alcalin, ce sont les substances animales qui consomment le plus d'oxygène.

Le professeur Pouchet, qui a tout particulièrement étudié cette question, fait remarquer que cette conclusion n'est pas absolue, et qu'il faut compléter l'analyse par les renseignements que donne l'examen bactériologique. Néanmoins, lorsque l'on trouve que l'oxygène consommé par la matière organique est plus élevé en solution alcaline qu'en solution acide, il faut tenir pour suspecte l'eau examinée.

On a alors cherché à modifier cette méthode classique et de nouveaux procédés ont été préconisés :

En Allemagne, on emploie uniquement la solution acide avec une ébullition de 10 minutes.

En Amérique, on opère pendant 2 minutes et à Boston, Lawrence indique une durée de 5 minutes.

En Angleterre, on opère à froid (le test des 4 heures).

Mais, autant de méthodes, autant de résultats différents et, si l'on obtient une estimation suffisante du degré d'oxydabilité des matières organiques, on a aucun renseignement sur l'état de décomposition dans lequel elles se trouvent et de l'influence putride qu'elles exercent sur l'eau.

Il en est de même si l'on cherche à évaluer certaines parties constituantes de ces matières.

Nous n'indiquerons pas les méthodes employées pour ces analyses; les plus récentes ont été étudiées avec grand soin par MM. Calmette et Rolants et ils ont exposé les détails de cette question dans leur ouvrage sur l'analyse des eaux d'égout (1908) et les méthodes qu'ils préconisent.

Nous allons chercher à étudier quelques points intéressants qui permettent d'évaluer l'état particulier de putridité d'une eau.

Des particules putrescibles. —

Les matières organiques qui se présentent dans un affluent à l'état de suspension sont putrescibles, elles se trouvent dans un état permanent de fermentation. Ces particules ont été étudiées avec soin par O'Shanghnessy et Kinnersley en Angleterre. Ces auteurs ont trouvé qu'elles étaient constituées par une mixture complexe de substances sans structure spéciale, d'organismes morts ayant provoqué des désintégrations des matières organiques, de zoogloées, de matières minérales, etc... Elles ont la propriété d'absorber de l'oxygène dissous dans l'eau d'une façon relativement rapide.

Tant qu'elles sont maintenues en mouvement dans une eau chargée d'oxygène ou encore dans une eau contenant des nitrates en solution, elles ne donnent pas naissance à des processus putrides infects.

Mais lorsqu'elles viennent à s'accumuler dans des zones d'eau stagnante, elles se transforment en une boue putride qui absorbe l'oxygène de l'eau voisine. Une autre conséquence est que certains effluents peuvent contenir comparativement de grandes quantités de matières organiques et ne pas absorber rapidement l'oxygène de l'eau, tandis que de faibles quantités peuvent présenter une grande puissance d'absorption d'oxygène et souillent ainsi plus complètement le fleuve dans lequel ils se déversent.

En outre, ces particules polluantes contribuent au développement d'organismes inférieurs sans chlorophylle qui ajoutent encore par leur présence au degré de pollution.

Nous allons indiquer quelques méthodes proposées pour évaluer cet état de *putrescibilité* d'une eau.

De l'incubator test ou méthode de Scuddler. — Cette méthode est préconisée en Angleterre. En voici le principe :

Prélever dans un flacon l'eau suspecte, après décantation et filtration, boucher ce flacon à l'émeri et le conserver pendant 7 jours dans l'étuve à 30°. On titre, avant et après cette *incubation*, la quantité d'oxygène que l'eau est susceptible d'emprunter au permanganate en 3 minutes.

Si l'eau contient des matières organiques putresci-

bles, les ferments qui la peuplent s'emparent de l'oxygène dissous, puis décomposent les sels oxygénés, nitrates et sulfates. Il se forme par réduction des sulfures qui dégagent une odeur nauséabonde.

En voici la technique :

Réactifs :

1^o Solution de permanganate, 0 gr. 395 par litre.

(1 centim. c. de cette solution correspond à 0,1 milligr. d'oxygène.)

2^o Solution d'acide sulfurique pur à $\frac{1}{5}$ en volume.

3^o Solution d'iodure de potassium à 2 gr. par litre.

4^o Solution d'hyposulfite de soude à 7 gr. par litre.

Dans un matras on met 50 c. c. de l'eau à analyser (bien décantée et filtrée).

On ajoute 5 c. c. de la solution n^o 2 et 20 centigr. environ de la solution n^o 1.

On abandonne le mélange pendant trois minutes à la température du laboratoire, puis on ajoute quelques centimètres cubes de la solution n^o 3.

On titre avec la solution n^o 4.

En tenant compte du volume d'eau (50 c. c.) il se trouve que 1 c. c. de la solution n^o 4 correspond à 4 milligr. d'oxygène.

On opère de même avec l'eau d'un flacon bien bouché à l'émeri qui est resté 7 jours dans l'étuve à 30°.

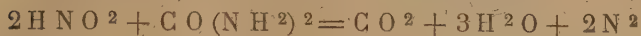
La différence entre les résultats de ces deux déterminations constitue une mesure de changement qui s'est opéré pendant l'incubation. Si la quantité d'oxygène absorbée est plus considérable après incubation, cela démontre qu'il s'est constitué des substances facilement oxydables (sulfures par exemple). Cette différence indique donc la tendance de l'eau résiduaire à causer une naissance lorsqu'elle se trouve dans des conditions favorables à la putréfaction.

Il faut être prévenu de ce que, dans le cas où l'eau contient des nitrites, lesquels absorberaient l'oxygène fourni par le permanganate, le chiffre donné par l'incubation se trouverait plus élevé sans que pour cela la putréfaction se soit produite. A ce propos, Rouchy, dans sa thèse, fait remarquer que leur présence, ainsi que celle de l'hydrogène sulfuré donneront des chiffres erronés; attendu que ces deux corps se comportent d'une même façon à l'égard du permanganate. Or, l'un est considéré comme un processus d'épuration, l'autre comme processus de putréfaction.

Cette méthode présenterait donc le grave inconvénient de nous obliger à interpréter dans le même sens deux actions microbiennes opposées au point de vue qui nous occupe, c'est-à-dire de la putrescibilité.

Mais nous pouvons objecter à cette critique qu'il est possible d'éviter cette cause d'erreur en ayant

soin de décomposer les nitrites, lorsqu'il y en a, au moyen de l'urée, ainsi que le montre la réaction :



et alors il ne resterait plus qu'à faire le dosage comme précédemment.

Une autre objection pourrait encore être faite. C'est que les eaux industrielles contiennent fréquemment des substances antiseptiques en même temps que les matières putrescibles. Dans ce cas, on en est prévenu par l'examen des résidus.

Comment maintenant faut-il juger, d'après cette méthode de l'état d'une eau suspecte ? Le Professeur Calmette résume ainsi la question :

L'eau peut être considérée comme ayant une épuration suffisante :

- 1^o — Lorsque l'eau épurée ne contient pas plus de 0 gr. 03 de matières en suspension par litre (dont 0 gr. 02 de matières organiques et 0 gr. 01 de substances minérales).
- 2^o — Lorsqu'après filtration sur papier, la quantité d'oxygène que l'eau emprunte au permanganate en 4 heures, reste sensiblement la même avant et après 7 jours d'incubation à la température de 30° en flacon bouché à l'émeri.
- 3^o — Lorsque, avant et après 7 jours de ladite incubation, l'eau ne dégage aucune odeur ammoniacale ou putride.

4° -- Enfin, lorsque l'eau épurée ne renferme aucune substance chimique susceptible d'intoxiquer les êtres vivants, végétaux ou animaux.

Méthode colorimétrique (Réaction de Caro). — Lorsqu'il se passe une putréfaction dans une eau, il se produit un dégagement d'hydrogène sulfuré, qui a pour origine le soufre de la matière organique.

La méthode la plus répandue pour déceler ce gaz est celle de Thumm (procédé au papier d'acétate de plomb). Nous reprocherons à ce procédé son extrême lenteur. Il faut, en effet, soumettre l'eau suspecte à une température de 22° pendant 10 jours. Aussi, a-t-on cherché à la modifier, de manière à être rapidement renseigné.

Korn et Kammann ont proposé « l'Hamburger Test auf Fäulnisfähigkeit ». Par ce moyen, on caractérise la présence de l'hydrogène sulfuré à l'aide d'un réactif colorant, méthode basée sur ce principe que le para-amido-dimethylaniline, en solution acide, donne avec l'hydrogène sulfuré, en présence du perchlorure de fer, du bleu de méthylène. C'est la réaction dite de Caro.

On opère sur 100^{cc} d'eau à analyser. On y ajoute 30^{cc} d'eau de Baryte à 15 o/o et 5^{cc} de chlorure de Baryum à 1 p. 9. On chauffe le mélange à 50°. Il se forme un précipité (s'assurer ensuite que le liquide clair ne précipite plus par l'addition de quelques gouttes de la solution du chlorure de Baryum).

On filtre; le liquide clair représente l'eau dépouillée de ses sulfates. Evaporer à siccité. Laver le résidu à l'eau distillée, de manière à enlever toute trace de Baryte et filtrer à nouveau. Evaporer à siccité au bain marie.

On place le résidu dans un tube à essai avec un petit fragment de potassium, on chauffe le tout au rouge et l'on plonge aussitôt le tube dans 20^{cc} d'eau distillée froide où il se brise. De cette façon, le sulfure de potassium formé se trouve mis en liberté dans l'eau.

On filtre ce liquide, on lui ajoute 1/50 en volume d'acide chlorhydrique fumant et quelques grains de para amido diméthylaniline; et, lorsque ceux-ci sont dissous, quelques gouttes de perchlorure de fer à 5 p. 100.

Si une coloration se produit, c'est que l'eau contient du soufre organique et, est, par conséquent, putrescible.

R. Welder et Kate Rohlich ont modifié ce procédé de manière à permettre une analyse rapide et pouvant servir à une appréciation sur place.

Ils préparent le réactif suivant :

Para-amido diméthylaniline..... 1 gr.

Acide chlorhydrique de densité 1.19. 300 —

Perchlorure de fer..... 100 —

On laisse l'eau à 37° pendant 24 à 72 heures au maximum.

On met alors 3^{cc} du réactif dans 10^{cc} d'eau et on agite.

Suivant la coloration obtenue on peut savoir s'il y a de l'hydrogène sulfuré et même juger approximativement de sa proportion d'après le tableau suivant :

Coloration jaune verdâtre de 0,5 à 1 milligr. p. litre

—	verdâtre de 1	à 3	—	
—	vert bleuâtre..	de 3	à 6	—
—	bleu verdâtre.	de 6	à 125	—
—	bleue.....	de 125	et plus.	

Résultats très approximatifs. Si l'on désire connaître quantitativement la quantité d'hydrogène sulfuré, il vaut bien mieux s'adresser à des méthodes précises (dosage à la liqueur titrée d'iode en présence de l'empois d'amidon).

Or, dans la pratique, on a surtout besoin de savoir simplement s'il y a ou non des traces d'hydrogène sulfuré ; aussi, est-il désirable de posséder une méthode très sensible. Ce réactif s'altère à la lumière et à l'air, aussi faut-il le garder avec soin dans un endroit obscur et en flacons bruns. C'est pourquoi, tout récemment, Fender et Stuber ont préconisé l'emploi de trois réactifs séparés qui ainsi ne pourraient plus réagir les uns sur les autres comme dans le cas de réactif unique. La réaction y gagne en netteté et sensibilité.

Ces réactifs sont ainsi constitués :

- N° 1. Solution d'acide chlorhydrique à 25 p. 100
N° 2. Solution para-amido-diméthylaniline..... à 1 p. 100
N° 3. Solution de perchlorure de fer..... à 1 p. 100

On opère avec 20^{cc} d'eau à analyser et l'on ajoute :

N° 1.....	1 ^{cc}
N° 2.....	0 ^{cc} 3
N° 3.....	0 ^{cc} 3

En présence de faibles quantités d'hydrogène sulfuré, il se forme une coloration violette qui passe rapidement au bleu.

Remarque. — Les nitrates n'empêchent pas la réaction. Seuls les nitrites à une dose supérieure à 10 milligrammes l'empêchent.

Citons, en passant, comme méthode rapide, le *shake test* préconisé dernièrement en Angleterre et qui n'exige ni réactifs, ni appareils. Il suffit de remplir à demi un flacon avec de l'eau suspecte et agiter violemment : si les bulles formées mettent plus de 3 secondes à disparaître, l'eau doit être considérée comme insuffisamment épurée.

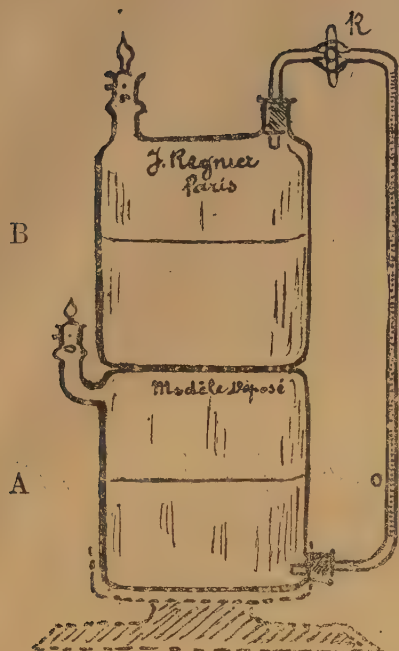
Méthode très imprécise, car cette formation de bulles ne provient guère exclusivement que de la présence de matières grasses et ce ne sont pas celles-là seules qui nous intéressent.

De l'absorption de l'oxygène par une eau putrescible. — Nous allons exposer une méthode indiquée par Adeney au Congrès international de chimie de Londres en mai, juin 1909 ; afin de déterminer volumétriquement la quantité d'oxygène absorbée par une eau d'égout.

On fait l'expérience à deux ou cinq jours d'intervalle. La différence entre les deux dosages, donnent la quantité d'oxygène absorbée pendant ce temps, ce qui permet de mesurer le pouvoir absorbant de l'eau.

Adeney se sert de deux flacon contenant, l'un de l'eau polluée, l'autre de l'eau distillée ou bouillie. Ces deux flacons sont raccordés par un tube gradué. L'absorption de l'oxygène contenu dans l'atmosphère du flacon à eau polluée fait monter l'eau distillée dans le tube gradué. On mesure ainsi le volume gazeux absorbé.

Sur les indications de M. le Professeur agrégé Chassevant, nous avons cherché à modifier cet appareil de manière à le rendre moins fragile, moins encombrant, plus maniable ; car ces deux flacons reliés par un tube en verre constituent un appareil peu transportable et très fragile. Nous pensons qu'en lui donnant la forme ci-contre nous aurons réalisé un appareil simple et fonctionnant d'après le même principe que celui de Adeney.



L'appareil comprend deux récipients superposés, pouvant communiquer à volonté avec l'air extérieur par des bouchons à robinets afin de modifier à volonté la pression dans les récipients. Ils sont réunis par un tube manométrique gradué, pouvant se fermer par un robinet R.

Les deux récipients sont gradués de telle sorte que l'atmosphère en A égale l'atmosphère en B (lorsque l'appareil est rempli). L'atmosphère en B comprend le volume d'air au-dessus du niveau de l'eau, plus le volume d'air contenu dans le tube manométrique jusqu'au O de la graduation.

En B, on place l'eau à analyser après décantation et addition d'un peu d'hydrate de magnésie afin d'absorber l'anhydride carbonique. Elle affleure jusqu'au trait marqué. En A est l'eau distillée affleurant jusqu'au trait marqué. On place l'appareil dans l'eau afin que la température soit partout uniforme ; puis on ouvre le robinet A, l'eau vient affleurer au O dans le tube.

On note la température du bain et la pression barométrique et l'on place l'appareil dans une tapoteuse mécanique. A mesure que l'atmosphère de B diminue de pression, l'eau de A monte dans le tube.

Au bout de 12 heures, on arrête la tapoteuse et on lit la hauteur à laquelle est montée le niveau de l'eau et on estime le volume d'oxygène absorbé par l'équation suivante :

Soit :

V = le volume de l'oxygène absorbé de l'atmosphère en B, à la pression et à la température initiales.

v = le volume d'air en B au commencement.

v' = le volume de l'eau qui monte au dessus de O dans le tube gradué.

p' = le nombre de divisions millimétriques de l'eau, quand elle est montée dans le tube.

P = la pression de l'air en B au début.

$$v = 2 v' + \frac{V}{P} p.$$

Le tube est gradué à la fois en capacité et hauteur millimétriques afin de pouvoir évaluer et le volume gazeux absorbé et la valeur de la pression. Nous avons fait le diamètre du tube : 5 millimètres, chaque division représente donc 0.02 m. c.

D'après les rapports proposés au Congrès de Chimie de Londres, il résulte que, pour que l'on puisse

déclarer qu'un effluent soit bien suffisamment épuré il doit remplir les conditions suivantes :

1^o Il ne doit pas contenir plus de 3 parties pour 100.000 de matières en suspension.

2^o Qu'après filtration sur filtre en papier, il ne doit pas absorber plus de :

(a) 0,5 partie évaluée en poids pour 100.000 d'oxygène atmosphérique ou d'oxygène dissous en 24 heures.

(b) ou, une partie évaluée en poids pour 100.000 d'oxygène atmosphérique ou d'oxygène dissous en 48 heures.

(c) ou, 1,5 partie évaluée en poids pour 100.000 d'oxygène atmosphérique ou d'oxygène dissous en 5 jours.

Comparaisons entre ces différentes méthodes. — Au Congrès international de chimie de Londres, le docteur Mac Gowan fait un rapport pour déterminer les relations qui existent entre les différents modes d'estimation des matières organiques de l'eau. Il donne les conclusions suivantes :

1^o — Les chiffres donnés par l'azote ammoniacal et par l'oxygène absorbé par le permanganate en 24 heures, ne sont pas en parallélisme complet. On a, pour des effluents, suffisamment épurés :

- 1° — Une partie d'oxygène albuminoïde pour 10 d'oxygène absorbé en 4 heures à 27° centigrades.
- 2° — Le rapport de l'albumine à la quantité totale d'azote albuminoïde est d'environ 1 p. 2 à 1 p. 3. (Ce rapport s'élève si l'effluent est très chargé en particules en suspension).
- 3° — Il n'y a aucun rapport entre la quantité d'azote albuminoïde et l'azote ammoniacal.
- 4° — Le rapport de l'oxygène absorbé dans du permanganate concentré immédiatement à l'oxygène absorbé pendant 4 heures est un chiffre à peu près constant (environ 1 p. 3 à 1 p. 4).
- 5° — Le rapport de l'oxygène dissout, pris dans l'eau en 24 heures à 18°, à l'oxygène absorbé par le permanganate en 4 heures à 27°, est très inconstant. Quand le rapport est faible, l'effluent est suspect. Quand il est élevé dans des proportions voisines de 1 p. 5, l'effluent est bon.

Le docteur Mac-Gowan a encore cherché à évaluer le rapport qui existe entre l'épreuve d'incubation et l'absorption de l'oxygène dissout dans l'eau. Il n'a trouvé aucun rapport entre les résultats fournis par ces deux épreuves. Il arrive aux conclusions suivantes :

1° — Il est rare qu'une effluence (à part les particules en suspension) qui prend à l'oxygène dissous dans l'eau, fasse défaut à l'incubation et vice versa.

2° — Il est rare qu'une effluence (à part les particules en suspension) qui résiste à l'incubation prenne beaucoup d'oxygène dissous dans l'eau et vice versa.

3° — Il semble que le chiffre donné par l'absorption de l'oxygène dissout donne un contrôle plus sévère que l'épreuve de l'incubation.

— Cette dernière proposition plaide tout à fait en faveur de la méthode d'Adeney.

CHAPITRE VI

INDICATIONS TIRÉES DE LA FAUNE ET DE LA FLORE

LES POISSONS ET LEUR VALEUR INDICATRICE. — ANIMAUX ET VÉGÉTAUX CARACTÉRISTIQUES DES EAUX SAINES. — LEUR SENSIBILITÉ A LA CONTAMINATION. — ANIMAUX ET VÉGÉTAUX CARACTÉRISTIQUES DES EAUX PUTRIDES. — OBSERVATIONS

Les poissons et leur valeur indicatrice. — Etant donné l'importance extrême de la question de pouvoir déceler la pollution d'une eau de rivière et l'imprécision et la complexité des méthodes chimiques, il y a lieu de se demander si l'on ne pourrait pas s'adresser à d'autres branches de la science pour obtenir certains renseignements.

Certains naturalistes ont pensé que les animaux et les végétaux aquatiques pourraient être de précieux réactifs pour cette recherche.

Dibdin a proposé de faire l'épreuve de la pureté d'une eau en employant le poisson comme une sorte de réactif. Evidemment, cet animal est très sensible à l'action des poisons déversés dans son milieu naturel, ainsi que le montre chaque jour sa destruction rapide dans les rivières infectées. Mais, ainsi que le fait remarquer Rolants, de ce qu'une eau polluée ne le fait pas périr plus ou moins vite, il ne s'en suit pas nécessairement que cette eau soit suffisamment épurée. Ainsi, des poissons très nombreux se rendent volontiers aux débouchés des égouts dans les rivières. Les pêcheurs le savent bien.

Mais nous objecterons à cette remarque, que cette eau souillée n'est pas le séjour constant des poissons, et que s'ils se rendent ainsi dans ce milieu infecté ce n'est que temporairement. Ils y sont attirés par la nourriture, mais aussitôt ils fuient cette zone dangereuse et vont ensuite se remettre plus loin dans une eau plus pure, car ils ne trouveraient pas là les conditions nécessaires à leur vitalité. Il serait dès lors intéressant de voir ce qu'ils deviendraient, si, par un dispositif quelconque, on les obligeait à séjourner dans un tel effluent.

Cette méthode d'examen est certes rapide et simple, elle peut donner des appréciations comparatives pour plusieurs points d'un même cours d'eau ; mais elle ne pourrait guère être employée que par des pêcheurs de profession bien au courant des habitudes du poisson.

Animaux et végétaux caractéristiques des eaux saines, leur sensibilité à la contamination. — Il

est bien reconnu que lorsque une rivière présente certains points de pollution intense, la faune et la flore se trouvent généralement modifiées d'une façon plus ou moins brusque. On constate par exemple la disparition de certaines espèces ou le développement exagéré de certaines autres.

Nous énumérerons les êtres vivants qui ont été reconnus comme pouvant donner quelques renseignements sur ce sujet. Nous laisserons de côté l'étude des Bactéries, ce qui nous entraînerait trop loin ; elles donnent des résultats d'ailleurs bien plus précis et d'une plus haute importance et leur recherche doit toujours être faite dans toute analyse consciencieuse d'une eau. Nous renvoyons notamment aux traités de bactériologie de Roux, Macé, etc., qui en ont fait une étude approfondie.

Nous avons considéré les béggiatoacées comme une classe intermédiaire entre les bactériacées et les algues, aussi les signalerons-nous dans l'étude qui suit :

Voici une liste de certains animaux qui affectionnent les eaux saines et que l'on ne retrouve plus dès qu'elles deviennent contaminées :

<i>Physa fontinalis</i> ...	Mollusques gastéropodes.
<i>Ancylus fluvialitis</i> ...	
<i>Cypris</i>	Crustacés ostracodes.
<i>Gammarus pulex</i> ...	Crustacés amphipodes.

Larves d'hydropsyche atomaria. Diptères de la famille des némocères.

Larves de Simulia ornata..... Orthoptères, de la famille des Phryganes.
Larves de Rhyacophila vulgaris...

Pour les plantes :

Hippuris vulgaris. (vulg. Pesse).
Callitriche vernalis.
Montia rivularis.
Nymphaea alba.
Nuphar luteum.
Nasturtium officinale. (cresson de fontaine).
Veronica beccabunga. (salade de chouette).
Spyrogyres. (petites chlorophycées à chloro-leucites spirales).

Parmi ces plantes, le cresson de fontaine a depuis longtemps attiré l'attention des naturalistes. Gérardin raconte qu'en 1875 une féculerie établie à Louvres (Seine-et-Oise) laissa couler ses eaux résiduaires dans la Croult en amont des cressonnières de Gonesse. *En quelques heures* tout le cresson fut détruit. Un procès s'en suivit et défendit que l'eau de cette féculerie fut désormais envoyée à la rivière. Dès lors, les cressonnières revinrent en bon état de prospérité.

L'examen de la flore nous renseigne assez bien sur l'état d'oxygénation d'une eau. On sait que les plantes, et parmi elles, les algues pourvues de chlò-

rophyllé, bien ramifiées et bien articulées, affectionnent particulièrement toutes les eaux limpides et présentant un certain courant. Au contraire, les algues uni-cellulaires et dépourvues de chlorophylle ne se trouvent que dans les eaux dormantes, dont une partie de l'oxygène a été prise par les matières organiques en décomposition.

Animaux et végétaux caractéristiques des eaux putrides. — Dans

les eaux contaminées, la faune et la flore sont très sacrifiées ou même totalement disparues. Les êtres vivants sont tués sur place ou mis en fuite ou, s'ils résistent quelque temps ils sont détruits dans leur reproduction.

Les animaux sont intoxiqués par les poisons dont ils sont obligés de faire leur nourriture et par l'action caustique de certains résidus, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Les végétaux meurent par défaut d'oxygène et par une destruction de leur protoplasme produite par les substances nocives qui les pénètrent par osmose.

Voici une série d'animaux qui semblent se complaire tout particulièrement dans les eaux les plus infectes :

	On les trouve surtout dans les
Larves d'Eristales.	eaux souillées par des matières fécales de l'urine.
Chilomonas paramœcium.	
Euglènes.	Protozoaires flagellés.
Rotifères.	

Lyngbia ochracea. Indiquerait la présence de sels
de fer.

Leplomitus luteus.

Beggiatoa alba. Indiquerait la présence de
sulfures.

Oscillaria natans.

Sphærotilus natans.

Chladothrix dichotoma.

Observations. — Les *Beggiatoa* qui forment la classe la plus inférieure des algues se présentent au microscope sous l'aspect de longs filaments de 0.0003^{mm} d'épaisseur. Elles apparaissent dans les eaux à odeur la plus infecte, alors que toute autre végétation a disparu. Elles forment des masses gluantes, grisâtres qui recouvrent les objets immergés. Parfois elles forment à la surface, de petites touffes sales, apportées du fond par des bulles gazeuses des putréfactions.

Voici un tableau que donne M. Gérardin, dans le but de vérifier si les résultats donnés par la faune et la flore concordent avec les méthodes chimiques, et en particulier avec la teneur en oxygène.

Il a exploré la Vesle, de Reims à Braisne, et il a noté les faits suivants :

Amont de Reims.	Eau claire, très limpide	Poissons crevettes, cypris, cresson, végétaux très variés	oxygène 41 ^{cc} par litre
-----------------	-----------------------------	--	--

Fléchambault	eau colorée (teintureries)	Disparition du cresson et des poissons, seu- les quelques touffes de spar- ganium résis- tent.	oxygène 9 ^{cc}
St-Brice	Eaux très souillées, noires odeur infecte.	Disparition des sparganiums. Apparition des beggiatoa et des oscillaires.	oxygène 1 ^{cc}
Moulin-Marceau ..	Eau claire.	Disparition des beggiatoa et os- cillaires, pré- sence d'hy- phæthrix.	oxygène 7 ^{cc}
Moulin Compensé .	Eau très claire aérée par une tur- bine.	Réapparition des sparga- niums	oxygène 8 ^{cc}
Muizon	Eau très claires.	Apparition des spirogyres.	oxygène 8 ^{cc}
Braisne	Eaux très pures.	Réapparition des poissons, écrevisses, cresson, etc.	oxygène 10 ^{cc}

Ces observations montrent bien la réelle valeur indicatrice de certains êtres vivants et que leur connaissance n'est pas à dédaigner afin de compléter les renseignements que fournissent les méthodes chimiques et bactériologiques d'autant mieux que les résultats concordent. Il faut insister, en outre, sur la concordance qui insiste entre la présence de certains êtres inférieurs et le pouvoir absorbant de

l'oxygène par une eau polluée. C'est précisément la présence des particules absorbantes, que nous avons signalé plus haut, qui favorisent dans l'eau le développement de ces êtres inférieurs.

Certes, cette méthode d'appréciation du degré de pureté ou de pollution d'une eau est bien grossière et, après avoir eu ses défenseurs, semble actuellement délaissée. Si des méthodes plus précises sont à notre disposition, ce n'est pas une raison pour reconnaître certains faits bien nets ainsi que le montre l'exemple de Gérardin. Aussi, nous concluons en disant que l'examen de la faune et de la flore peut indiquer si telles ou telles parties d'un même cours d'eau sont semblables à elles-mêmes et, en particulier, aux points situés en amont et en aval de certains effluents.

CHAPITRE VII

DE QUELQUES CONSÉQUENCES IMMÉDIATES DE LA POLLUTION DES RIVIÈRES

DES DANGERS EN GÉNÉRAL : (LA PÊCHE, L'INDUSTRIE,
L'HYGIÈNE PUBLIQUE. — L'ÉCONOMIE RURALE). —
MESURES A PRENDRE.

Dangers concernant la pêche, l'industrie, l'hygiène, l'économie rurale. — Ces divers examens de rivières ainsi polluées par les résidus qui déversent les industries, montrent dans quelles conditions l'eau se trouve modifiée dans sa composition primitives. — Les conséquences en sont fort graves car elles portent atteinte à tous les êtres vivants, tant l'eau a une importance capitale dans la vie.

Quatre facteurs sont en particulier intéressés à la bonne qualité des eaux : la pêche, l'industrie, l'hy-

giène publique, l'économie rurale. La pêche n'exige certes pas une eau bien pure. La présence même de matières organiques et de certains sels minéraux est nécessaire pour l'existence des poissons. Mais nous avons vu quels dangers pour eux pouvaient provenir de la part de certaines substances putrides qui leur enlèvent leur oxygène et de certaines autres de nature chimique qui les détruisent rapidement.

L'industrie elle-même, souffre la première du mal qu'elle engendre. Il lui faut de l'eau aussi pure que possible. Aussi Weigelt a pu poser cet aphorisme : *« que pour tout établissement industriel, une eau aussi claire que possible constitue un très important capital de premier établissement »*.

Une eau polluée est contraire à l'alimentation des machines, à leur bon entretien et à leur meilleur rendement comme source d'énergie. Aussi, les diverses usines d'une même région ont-elles un réciproque intérêt à surveiller leurs effluents.

Ainsi, par exemple, les fabriques de sucre donnent des eaux particulièrement putrides et chargées en acides organiques à odeur rance. Si l'épuration est insuffisante et que, en aval, il existe un moulin dont le bief est alimenté par ces eaux, il en résulterait que la farine garderait l'odeur infecte des acides organiques et de l'hydrogène sulfuré. Inutile d'insister sur le tort considérable causé au meunier

à qui l'on pourrait reprocher la mauvaise qualité de sa marchandise.

L'hygiène doit se montrer extrêmement rigoureuse et ne peut tolérer le moindre degré de pollution. Comme eau de boisson, l'eau de rivière n'est qu'un pis aller, mais enfin, dans certaines circonstances, elle sert à cet usage. D'autre part, ses relations avec les puits sont bien connues. Dangereuses pour les hommes, dangereuses pour les animaux que nous devons préserver des maladies dans notre intérêt propre. Dangereuses particulièrement sont les eaux de féculeries qui deviennent d'excellents bouillons de culture pour les micro-organismes, puisque elles constituent même un milieu employé en bactériologie pour l'isolement du bacille typhique et du coli-bacille, c'est le milieu d'Elsner.

Dans ses recherches sur l'empoisonnement des poissons, M. Raphaël Dubois signale les dangers qui pourraient provenir du fait de l'alimentation avec des poissons intoxiqués par certains résidus industriels. Ils paraissent en bon état, mais très rapidement ils se corrompent, leur chair est molle et friable et ils constituent un aliment de qualité inférieure.

Enfin, les eaux putrides, comme on peut le constater dans la Deule, à Lille, constituent un danger pour les riverains, qu'ils anémient par le dégagement des gaz toxiques, poison du sang, et qui les prédisposent à de nombreuses maladies.

L'économie rurale exige également une eau en aussi bon état que possible. Tout au plus, tolère-t-elle la présence de matières azotées qui sont favorables aux irrigations. Mais elle doit en redouter l'excès qui amènerait des perturbations dans le développement des fourrages. Il en résulte des modifications dans la valeur nutritive de ces plantes. Les chlorures sont particulièrement redoutables dans les eaux d'arrosage.

De quelques mesures à prendre.

— Pour assurer le bon état d'une rivière et sa protection efficace, il n'est pas suffisant de recommander une épuration aussi parfaite que possible. Il faut encore favoriser l'auto-épuration de la rivière elle-même, afin de compléter ce qui a été déjà fait dans ce but par les moyens dont dispose l'usine. Les rivières des régions industrielles deviennent en quelque sorte malades ; et, comme telles, elles méritent des soins particuliers. Pour cela, la première condition à remplir est qu'il faut assurer un courant rapide à l'eau. Les rivières sinueuses, celles présentant des bas-fonds, des anses, où l'eau vient stagner, sont les plus mal partagées à cet égard. Les matières étrangères peuvent être, par rapport au volume total de l'eau, en proportions peu inquiétantes. Mais, qu'elles viennent à se grouper, à se déposer en certains points, elles constitueront des zones où la putréfaction sera accrue.

C'est dans ces zones que se trouvent des amas de matières boueuses qui encombrant le lit des rivières, et où à la surface se forment ces pellicules irisées qui empêchent l'aération de l'eau sous-jacente. Aussi, faut-il recommander la suppression de toutes les entraves possibles au débit des cours d'eau et ne pas tolérer qu'on laisse des corps étrangers tels que branches, racines, feuillages, joncs faucardés, venir s'accumuler au voisinage des piquets, des arches des ponts, etc., et qui constituent des sortes d'éponges putrides recueillant au passage tous les débris industriels en suspension et les boues flottantes, qui, sans leur présence auraient été entraînés au loin, dispersés et détruits.

Afin de lutter avec quelque efficacité contre les dangers que nous avons signalé : il est nécessaire que les autorités se montrent d'une extrême rigueur et appliquent impitoyablement les lois actuelles de protection des rivières et formulent même de nouveaux decrets. Nous n'insisterons pas sur ces questions de législation, mais nous pensons qu'il y a nécessité en France, de créer dans les régions industrielles, des stations de recherches relatives aux analyses des eaux usées.

C'est dans des stations expérimentales, comme celle de la Madeleine, que dirige à Lille le professeur Calmette, que de telles études peuvent se poursuivre avec fruit ; aussi, est-il à souhaiter que celle-ci serve de modèle à beaucoup d'autres.

Par des recherches scientifiques effectuées dans de telles conditions, par une sévère réglementation, par les initiatives de sociétés de protection de l'eau (Ligue contre la pollution, Société d'aquiculture, Fishing club) il sera possible d'arriver à la réalisation du vœu émis par le congrès international de pêche et d'agriculture en 1900, que présidaient MM. Raphael Dubois, professeur à la faculté des sciences de Lyon, Léon Perrier, professeur à la faculté de Grenoble et Mæs, délégué officiel de la Belgique, vœu qui réclamait *que l'eau devait être restituée à la rivière telle qu'elle a été prise, et à l'abri de toute fermentation ultérieure.*

CONCLUSIONS

1° Les eaux résiduaires des usines, lorsqu'elles gagnent les rivières sans avoir reçu une épuration suffisante, les polluent d'une façon inquiétante.

2° La pollution se fait souvent d'une façon insidieuse et demande à être recherchée avec soin.

3° La dépopulation de certaines rivières est une des conséquences directes des déversements industriels, dont certains sont particulièrement nocifs pour les poissons.

4° Il est nécessaire d'utiliser certaines méthodes (Incubator Test, Réaction de Caro, éva-

valuation du taux d'absorption de l'oxygène), si l'on veut se faire une idée exacte de l'état de putrescibilité d'une eau — les méthodes chimiques classiques étant insuffisantes pour cette appréciation.

5° Il ne faut pas négliger l'examen de tous les êtres vivants qui peuplent une rivière, leurs variations dépendant directement de l'état de l'eau en différents points d'un même cours d'eau.

6° Il faut empêcher, par tous les moyens possibles, la pollution des rivières au nom de l'Hygiène et du bien-être des collectivités.

Vu : le Président de thèse,

CHANTEMESSE.

Vu : le Doyen,

LANDOUZY.

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ARNOULD et MARTIN. — Protection des cours d'eau et nappes souterraines contre la pollution par les résidus industriels.

ARNOULD. — Nouveaux éléments d'hygiène, 1905.

E. ADENEY. — Rapport fait au Congrès international de Chimie. Mai-juin 1909.

D^r BAUDRAN. — De l'influence des eaux résiduaires sur le poisson.

BONJEAN. — Eaux potables. — Interprétation des analyses des eaux. *Recueil des Travaux du Comité consultatif d'hygiène de France*, 1904.

BILZ et KRÖHNKE. — Colloïdes organiques dans les eaux d'égout. *Berichte des deuts. chem. Gesell.* 1904.

BRÉVILLE. — Des procédés actuels d'appréciation de la valeur industrielle des eaux potables. *Thèse de Paris*, 1897.

CALMETTE et MASSON. — Instructions générales relatives à la construction des égouts et à l'évacuation et à l'épuration des eaux d'égout. *Revue d'Hygiène et de Police Sanitaire*, 1909. Congrès international de Chimie. Londres, mai-juin 1909.

CALMETTE. — Congrès d'hygiène sociale. Arras, 18 juillet 1904.

CALMETTE. — Recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout.

Tome I. 1905 Paris.

— II. 1907 —

— III. 1908 —

— IV. 1909 —

CHANTEMESSE et MOSNY. — Traité d'hygiène. Fascicules 12 et 13.

CHANTEMESSE. — Assainissement du canal de la Deule, à Lille. Rapport du 26 novembre 1909.

DUPRÉ. — De la pollution des rivières par les eaux vannes, *Annales d'hygiène*, 1885.

DAGRÈVE. — Les eaux courantes. Rapports avec l'hygiène. *Thèse de Paris*, 1876.

DESMAROUX. — Evacuation des eaux. *Revue pratique d'hygiène municipale*, 1907.

DIENERT. — Hydrologie agricole, 1908.

DURAND-CLAYE. — Assainissement de la Seine. *Annales d'hygiène*. Juillet 1875.

DUNBAR. — Appréciation de l'efficacité des installations d'épuration des eaux d'égout.

M.-G FOWLER. — Rapport fait au Congrès international de Chimie. Mai-juin 1909.

G. GOWAN, R. FLORIS et FINLOW. — Report to the Commission on methods of Chemical analysis as applied to sewage and sewage effluents. *Royal Commission of Sewage*. London 1904.

GARNIER. — Sur la contamination des cours d'eau par les eaux de lessivage et corps gras dans les Vosges. *Annales d'hygiène* 1882.

GÉRARDIN. — Altération, corruption, assainissement des rivières. *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, tome XIV.

G.-A JOHNSON. — Cepeland and A.-E Kimberleg, the relative applicability of current methods for determination of putrescability in sewage effluents. — *Of Inf Diseases. Suppl. 2*. Chicago 1906.

POUCHET et BONJEAN. — Contribution à l'étude des eaux potables. Etudes de la matière organique des eaux potables. *Annales d'hygiène publique et de médecine légale*, 1897.

KORN et KAMMANN. — Des Hamburger test arf Faulnisfähigkeit. *Gesundheits. Ingénieur*, 1907.

D^r LACOMBLE. — Le sort des matières grasses dans les différentes phases de l'épuration biologique de cause de vannes et milieux artificiels.

LABIT. — L'eau potable et les maladies infectieuses.

LA COUX. — L'eau dans l'industrie. Paris 1907.

LEBEL (Eugène). — La Pollution des eaux. Péronne, 1907.

O'SHANGHNESSY et KINNERSLEY. — *Journal of the society of chemical industry*, 1906.

PERRIER et LABATUT. — De l'action des matières organiques sur l'oxygène dissous dans l'eau et du mode d'action physiologique d'asphyxie des poissons par les déversements industriels. Congrès d'aquiculture, 1900.

RAPHÄEL DUBOIS (professeur). — Sur l'empoisonnement des animaux d'eau douce par l'hypochlorite de chaux. Congrès international d'aquiculture et de pêche à l'exposition universelle de 1900. Paris 1901.

ROLANTS. — Analyse des eaux d'égout. Supplément aux recherches sur l'épuration biologique et chimique des eaux d'égout. Calmette, tome III 1908.

ROLANTS. — Evacuation des eaux. *Revue Pratique d'hygiène municipale*, 1907.

ROLANTS. — La question de l'épuration de l'Espierre. *Revue d'hygiène et de police sanitaire*, 1902.

ROUCHY. — Les eaux d'égout à Paris. *Thèse de Paris*, 1905.

SCHOOFs. — Traité d'hygiène. Liège 1908.

WEIGELT. — L'assainissement et le repeuplement des rivières. Trad. Julin. Bruxelles, 1903.

WURTZ. — Sur l'insalubrité provenant des résidus de distillerie. *Annales d'hygiène* 1859.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....	7
Des résidus industriels dans les Eaux résiduaires..	11
De quelques exemples de la Pollution des rivières.	19
Mécanisme de la Pollution.....	29
Des Dangers concernant les Poissons en particulier.....	41
Recherches sur la Putrescibilité d'une Eau.....	49
Indications tirées de la Faune et de la Flore.....	69
De quelques conséquences immédiates de la Pollution des Rivières	77
Conclusions	83
Index alphabétique	85

Imprimerie spéciale de la Librairie

H. CHACORNAC

PARIS — 9, rue de l'Éperon — PARIS

